



Valorisation de l'eau d'irrigation par l'élevage bovin laitier dans le périmètre du Tadla, Maroc

I. Touzani, P.-Y. Le Gal, Marcel Kuper

► To cite this version:

I. Touzani, P.-Y. Le Gal, Marcel Kuper. Valorisation de l'eau d'irrigation par l'élevage bovin laitier dans le périmètre du Tadla, Maroc. Troisième atelier régional du projet Sirma, Jun 2007, Nabeul,, Tunisie. 10 p. cirad-00261968

HAL Id: cirad-00261968

<http://hal.cirad.fr/cirad-00261968>

Submitted on 10 Mar 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Valorisation de l'eau d'irrigation par l'élevage bovin laitier dans le périmètre du Tadla, Maroc

SRAÏRI M.T.^{1*}, TOUZANI I.¹, Le GAL P.-Y.², KUPER M.³

1 IAV Hassan II, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Département des Productions Animales BP 6202 Rabat - Instituts, Rabat, Maroc, mel : mt.sraïri@iav.ac.ma

2 Cirad, UMR Innovation, 34398 Montpellier Cedex 5, France

3 UMR G-EAU, Cirad, 34398 Montpellier Cedex 5, France

Résumé — La valorisation des ressources hydriques en produits animaux est au cœur de la réflexion sur la pérennité des élevages bovins laitiers en zone aride irriguée. A travers les exemples de six exploitations agricoles dans le périmètre irrigué du Tadla (centre-est du Maroc), les auteurs déterminent les efficacités de conversion de l'eau en fourrages, puis des fourrages en lait et viande. Au final, il faut en moyenne 1,5 m³ d'eau par kg de lait et 42 m³ d'eau par kg de poids vif bovin. Les goulots d'étranglement des fonctions de production pour la conversion de l'eau en produits bovins en passant par le poste des fourrages ont été identifiés, tout comme sont déterminées leurs conséquences sur la rentabilité des élevages.

Introduction

L'eau et ses utilisations constituent un enjeu stratégique majeur pour les pays arides tels que le Maroc, où le climat se caractérise par d'importantes variabilités inter et intra annuelles (Durant-Dastès et Mutin, 1995). Avec moins de 1 000 m³ d'eau per capita et par an, le pays se classe parmi les nations dont l'essor économique pourrait être compromis par la rareté de cette ressource (Al Weshah, 2002). De nombreux chantiers concernant l'économie et la valorisation de l'eau sont à mener, surtout dans les zones irriguées où l'agriculture intensive est fortement dépendante de l'eau et où les rythmes de consommation de cette ressource peuvent mettre en péril sa disponibilité durable (Puigdefàbregas et Mendizabal, 1998). Avec plus de 85 % des volumes utilisés, l'agriculture est le secteur prioritaire pour intervenir significativement sur les économies d'eau (Agoumi et Debbarh, 2005).

Les terres irriguées (12 % de la Superficie agricole utile – SAU) permettent de sécuriser l'élevage face aux aléas climatiques (Sraïri et Ilham, 2000) et d'assurer son intensification : 50 % des volumes de lait produits au Maroc en proviennent. Plus globalement, elles contribuent à 45 % de la valeur ajoutée agricole en année moyenne, pour un tiers de l'emploi en milieu rural et pour 75 % des exportations de produits agricoles (Amri, 1991 ; El Gueddari, 2005). Toutefois, la valorisation effective des ressources hydriques par l'élevage en lait et en viande y demeure inconnue, du fait d'étapes de transformations supplémentaires allant de l'eau aux fourrages puis des fourrages au lait et à la viande (Le Gal *et al.*, 2007). Cette chaîne de fonctions de production nécessite des analyses croisant différentes disciplines telles que l'hydraulique, l'agronomie, la zootechnie et l'économie. De plus, ces estimations de la valorisation de l'eau par les productions animales se heurtent à la multiplicité des exploitations dans les périmètres de grande hydraulique et à la diversité de leurs objectifs stratégiques et de leurs pratiques culturelles et d'élevage (Le Gal, 2006). Les conséquences sur la rentabilité des élevages en sont d'autant

plus variables. Cet article est basé sur une étude conduite dans le périmètre irrigué du Tadla, qui couvre 100 000 ha dans le sud-est du Maroc. Il vise à caractériser les effets des choix stratégiques des exploitations agricoles sur l'efficacité de conversion de l'eau, dans la diversité de ses origines (pluies, nappes et réseau), en produits animaux (lait et viande).

Matériel et méthodes

L'étude a été réalisée sur une campagne agricole, du 1er juillet 2005 au 30 juin 2006. Six exploitations ont été choisies parmi les 17 000 pratiquant l'élevage bovin dans le périmètre du Tadla, de manière à représenter des situations différentes de production laitière. Il s'agissait de disposer d'un échantillon illustrant la diversité des choix stratégiques rencontrés dans ces exploitations à partir d'une première étude (Kuper *et al.*, 2006). De ce fait, l'échantillon retenu n'est pas statistiquement représentatif puisque plus de 80 % des exploitations du Tadla cultivent moins de 5 ha.

Les exploitations 1 à 4 sont de grande taille, dans le contexte du périmètre (15 à 240 ha), avec des troupeaux laitiers à base de race Holstein (tableau I). L'exploitation 1 s'est orientée vers un élevage laitier spécialisé (plus de 5 000 kg de lait par vache et par an), auquel l'exploitation 2 associe des activités de maraîchage, alors que les exploitations 3 et 4 affichent une stratégie d'élevage bovin avec une moindre productivité en lait par vache (moins de 3 500 kg de lait par vache et par an). A contrario les exploitations 5 et 6 sont de petite taille (3,5 à 4 ha) et possèdent un élevage bovin mixte (lait et viande simultanément) avec des vaches de type croisé (Holstein x race locale).

La taille du troupeau varie de 7 à 20 vaches, avec des chargements compris entre 2,8 et 5,6 Unités zootechniques (UZ) par ha de fourrage. Ces valeurs sont largement supérieures aux recommandations régionales, à savoir un maximum de 2 UZ par ha de luzerne à haut niveau de productivité pour satisfaire les besoins alimentaires totaux des vaches laitières et de leur suite, sans gaspillage de concentrés (Guessous, 1991).

Le suivi de ces 6 exploitations sur douze mois a permis de préciser l'impact de leurs stratégies sur les pratiques adoptées et les effets de celles-ci sur les productions de la sole fourragère irriguée et les quantités de lait et de viande émanant des troupeaux bovins. Les itinéraires techniques des cultures fourragères ont été relevés par parcelle pour ce qui est des dates et quantités d'intrants, concernant le travail du sol, la fertilisation, la lutte phytosanitaire et la fauche. Une évaluation des productions de fourrages par parcelle a été menée, en suivant les quantités journalières fauchées et les rations ingérées par les bovins ainsi que leurs variations. Les productions de lait et de viande par exploitation ont été déterminées par les livraisons de lait auxquelles ont été rajoutées les consommations internes (tétée des veaux et lait autoconsommé) ainsi que par la quantification des mouvements d'animaux et leurs prix d'achat et de vente.

Les niveaux de valorisation de l'eau en fourrages, puis en lait et viande ont été déterminés, grâce à un protocole de suivi des utilisations de l'eau de toutes origines mis en place à l'échelle de chaque parcelle cultivée en fourrages. Les données relatives aux volumes d'eau utilisés par chaque exploitation ont été obtenues en cumulant (i) les quantités consommées via le réseau de surface (à partir des factures émises par l'Office régional de la mise en valeur agricole du Tadla - ORMVAT) ; (ii) les précipitations relevées auprès des stations météorologiques ; (iii) les quantités prélevées dans les nappes par mesure des débits des pompes équipant les forages et par suivi de leurs durées de fonctionnement. Ce protocole ne permet pas de mesurer les volumes d'eau réellement utilisés par les cultures, une fois déduites les pertes par ruissellement et percolation, liées aux méthodes gravitaires d'irrigation à la parcelle. Dans le contexte du Tadla, des études préalables estiment ces pertes à 40 % des volumes appliqués (Zaz, 1996).

Les efficacités de valorisation de l'eau en fourrages, puis des fourrages en produits animaux ont été calculées, ainsi que les consommations d'eau pour produire un litre de lait et un kg de poids vif bovin. Un bilan de la rentabilité de l'activité d'élevage bovin par exploitation a finalement été établi. Y ont été précisés les coûts de revient des différents fourrages cultivés dans les exploitations étudiées et les coûts de l'Unité fourragère LAIT (UFL) qui en découle, en se basant sur les valeurs moyennes suivantes (Guessous, 1991) : luzerne verte (tous stades de coupe et années d'exploitation confondus) : 0,19 UFL/kg ; maïs ensilage : 0,23 UFL/kg ; bersim : 0,11 UFL/kg. Par ailleurs, la marge brute de l'élevage bovin et ses composantes (parts du lait et de la viande dans les produits et parts des aliments, de la main-d'œuvre et des autres intrants dans les dépenses totales) ont été déterminées.

Résultats et discussion

De l'eau aux fourrages

La part des fourrages dans la SAU totale des six exploitations étudiées varie de 6 à 46 % (tableau I). Avec 60 à 96 % de la superficie fourragère totale (SFT) la luzerne constitue l'ossature du système fourrager des exploitations étudiées, et plus généralement dans tout le périmètre irrigué du Tadla. Cette culture, qui nécessite un grand nombre d'interventions culturales tout au long de l'année (figure 1), fournit la base alimentaire des bovins (figure 2). Les périodes de faible disponibilité de la luzerne, de décembre à mars, imposent le recours à des ressources alimentaires alternatives : bersim, ensilage de maïs et concentrés. Le maïs, destiné à l'ensilage, d'introduction récente sur le périmètre, est ainsi présent dans 4 exploitations où il constitue au maximum 25 % de la SFT. Le bersim ou trèfle d'Alexandrie complète cet assolement sur 3 exploitations.

Tableau I. Paramètres de structure, sole fourragère et effectifs de vaches laitières des exploitations.

Ferme n°	SAU (ha)	SFT en %	Bersim	Luzerne	Maïs ensilage	Facilités d'irrigation**	Vaches laitières	Charge (UZ*/ha)
			% SFT	% SFT	% SFT			
1	15,5	46	8	87	5	F, R	18	3,2
2	240,0	26	-	96	4	F, P, R	20	2,0
3	71,0	6	13	60	-	F, P, R	15	5,9
4	17,0	39	-	75	25	F, R	20	2,0
5	3,5	46	-	88	12	P, R	7	4,5
6	4,0	25	56	60	-	R	8	4,8

UZ* : Unitézootechnique.

Facilités d'irrigation** : Forage, F ; Puits, P ; Eau du réseau, R..

La luzerne est de loin la culture la plus consommatrice en eau en raison de la longueur de son cycle et de ses caractéristiques phénologiques. Sa production est en effet maximale en été, alors que les températures dépassent 45°C. La consommation moyenne observée sur l'échantillon s'élève à 18 840 m³/ha (tableau II) ; elle est relativement homogène d'une exploitation à l'autre (coefficient de variation - cv : 12,7 %). En appliquant le même ratio de 40 % de perte à toutes les exploitations, la consommation effective par la plante serait d'environ 11 000 m³/ha. Cette valeur est inférieure aux 12 000 à 13 000 m³/ha considérés comme nécessaires à la couverture des besoins de la culture (Birouk *et al.*, 1997).

Le cycle plus court du maïs (figure 1) se traduit par une consommation en eau nettement inférieure à la luzerne. Mais il nécessite la présence d'un moyen d'exhaure des eaux souterraines, les dotations estivales du périmètre étant insuffisantes pour couvrir ses besoins. En effet, le réseau collectif ne fournit en moyenne que 57 % des volumes totaux utilisés, les 43 % restant se répartissant, pour une année relativement pluvieuse comme 2005-2006 (310 mm), entre les eaux souterraines (24 %) et les précipitations (19 %). La consommation moyenne du maïs observée sur l'échantillon s'établit à 5 270 m³/ha (cv : 10 %), soit 3 200 m³/ha théoriquement utilisés par les plantes (tableau II). Cette valeur est également inférieure aux 5 500 m³/ha représentant les besoins théoriques de la culture (Baya, 1997).

Les résultats du suivi montrent une faible corrélation positive ($r^2 = 0,18$) entre les volumes d'eau, à l'entrée des parcelles cultivées, et la biomasse fourragère de la luzerne (figure 3). La corrélation est même négative pour le maïs. Ces observations traduisent plusieurs phénomènes que l'étude n'a pu départager. D'une part, les consommations en eau demeurent dans un intervalle étroit et sous optimal, qui peut expliquer les différences entre les rendements moyens observés et potentiels, à savoir pour la luzerne 26,8 tonnes de matière verte (TMV) par hectare comparés aux 58 TMV/ha observés en conditions irriguées au Maroc (Birouk *et al.*, 1997). Mais cet intervalle ne permet pas d'exprimer des différences marquées de rendements, alors que la variable « consommation en eau » recouvre des pratiques et mécanismes plus fins liés à la fréquence et à la qualité des irrigations. Les coefficients de variation plus élevés des rendements (respectivement 31,5 % et 28,2 % pour la luzerne et le maïs) confirmeraient l'intervention d'autres facteurs, observés pour certains lors des enquêtes, tels que (i) des efficacités variables d'application de l'eau à la parcelle ; (ii) des décalages entre les irrigations fixées par les tours d'eau et les besoins des cultures (par exemple après une fauche de luzerne) ; (iii) l'absence de fertilisation différenciée en fonction de la culture ; et (iv) les dégâts variables causés par les attaques parasitaires.

Figure 1. Calendrier cultural.

	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin
Luzerne												
Travaux du sol												
Fertilisation												
Semis												
Irrigations												
Fauches												
Lutte phytosan.												
Maïs												
Travaux du sol												
Fertilisation												
Semis												
Irrigations												
Fauches												
Lutte phytosan.												
Bersim												
Travaux du sol												
Fertilisation												
Semis												
Irrigations												
Fauches												
Lutte phytosan.												
Précipitations												

Les choix stratégiques des exploitations ont également un impact marqué sur les volumes d'eau distribués à la luzerne et au maïs, à la différence du bersim, culture d'automne dont l'alimentation hydrique repose beaucoup plus sur les précipitations. Les petites exploitations 5 et 6 allouent un maximum d'eau à la luzerne à partir du réseau, et obtiennent les meilleurs rendements de biomasse à l'hectare dans l'échantillon. Leur assolement est entièrement consacré aux céréales vivrières et aux fourrages qui sont, de ce fait, bien soignés. Au contraire, les grandes exploitations 1 à 4, laitières ou diversifiées, allouent moins d'eau aux luzernières et obtiennent des rendements en biomasse plus variables. Elles semblent néanmoins mieux maîtriser la production de maïs, dont elles obtiennent les meilleurs rendements.

La valorisation moyenne de l'eau par le maïs est nettement supérieure à celle de la luzerne, avec respectivement 0,39 et 0,78 m³ d'eau « entrée parcelle » par kg de matière verte produite. Le maïs, comme toutes les plantes en C4, se caractérise par un meilleur rendement photosynthétique et une meilleure utilisation de l'eau que les plantes en C3, comme la luzerne, le blé et le ray-grass (Barrière, 2001).

Figure 2. Calendrier fourrager des bovins dans les exploitations étudiées.

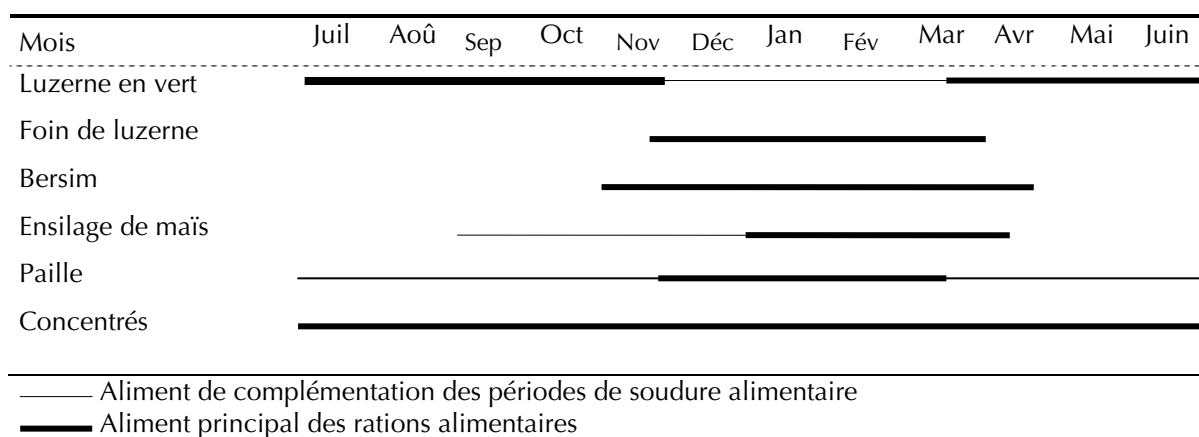


Figure 3. Consommations en eau et rendements moyens des cultures fourragères.

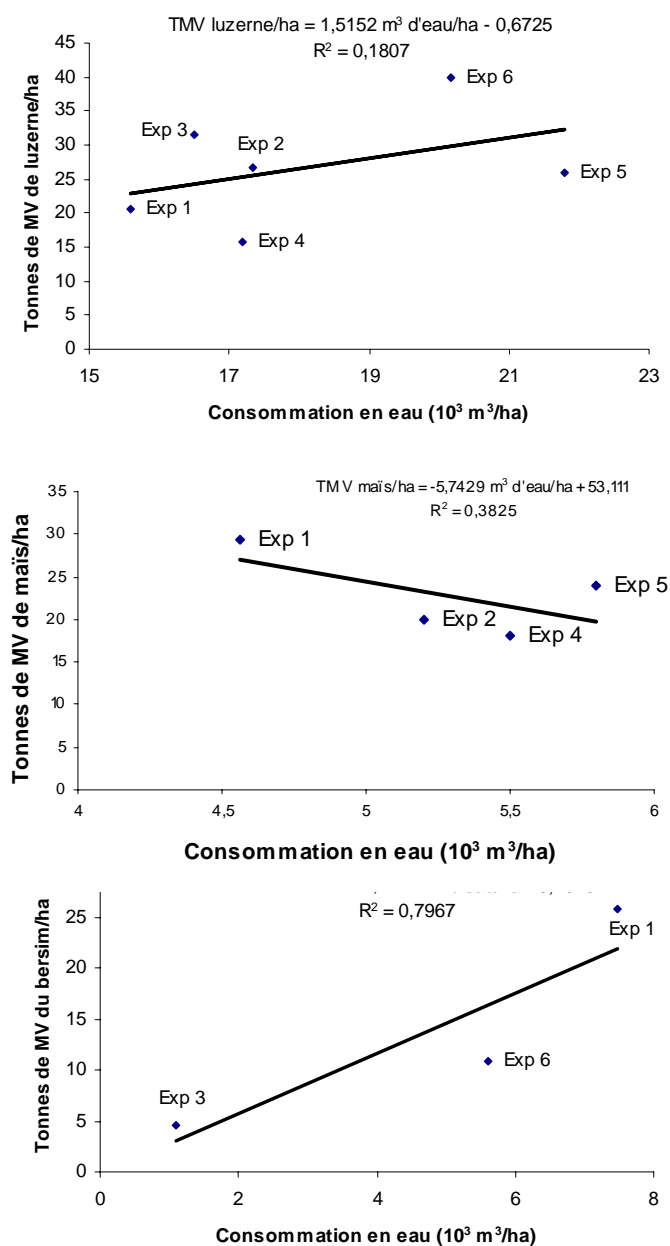


Tableau II. Volumes d'eau utilisés, selon leurs origines (réseau, puits et forages, précipitations), par les cultures fourragères (m³/ha) dans les différentes exploitations.

Exploitations	1	2	3	4	5	6	Moyenne
Luzerne							
Eau du réseau	9 900	10 200	8 300	7 700	14 700	17 100	11 320
Eau des puits et forages	2 800	4 000	5 400	6 300	4 200	-	4 540
Précipitations	2 900	3 100	2 800	3 100	2 900	3 100	2 980
Total	15 600	17 300	16 500	17 100	21 800	20 200	18 840
Maïs							
Eau du réseau	2 200	2 250	-	2 300	2 200	-	2 240
Eau des puits et forages	2 010	2 530	-	2 900	3 000	-	2 610
Précipitations	350	420	-	300	600	-	420
Total	4 560	5 200	-	5 500	5 800	-	5 270
Bersim							
Eau du réseau	4 870	-	-	-	-	2 500	3 680
Eau des puits et forages	-	-	-	-	-	-	-
Précipitations	2 600	-	1 100	-	-	3 100	2 260
Total	7 470	-	1 100	-	-	5 600	5 900

Ces valeurs appuient l'engouement que connaît actuellement le Tadla pour le maïs, aussi bien au niveau des dotations hydriques de l'ORMVAT, où un surplus d'eau commence à lui être alloué ces dernières années (moins de 500 ha en 1999-2000 à 3 000 ha en 2004-2005), que dans les exploitations disposant d'équipements d'exhaure. Une tendance similaire a été rapportée en zone aride en Espagne, où la meilleure valorisation de l'eau par le maïs ainsi que sa rentabilité plus élevée militent pour son extension dans les zones irriguées (Golley *et al.*, 1990). Cependant le prix de revient de l'UFL est plus favorable à la luzerne avec 1,33 DH comparé au 1,88 DH du maïs (tableau III). Ceci est surtout issu de ses moindres coûts d'installation (travail du sol, semences et fertilisation de fond), puisqu'il s'agit d'une culture pérenne, et dont l'exploitation (fauche manuelle) est bon marché, alors que l'implantation de la culture de maïs et son chantier d'ensilage sont beaucoup plus onéreux. La luzerne fournit également pour ce prix un apport de protéines, ce qui en fait une excellente ressource alimentaire pour le cheptel laitier alors que le maïs représente un apport alimentaire surtout énergétique. Mais le prix de revient de la luzerne est très lié aux coûts de l'irrigation, qui représente près de 70 % des charges totales. Ceci étant, luzerne et maïs se révèlent très économiques par rapport aux aliments concentrés utilisés dans la région ; les pulpes sèches de betterave (PSB) revenant à 2,15 DH/UFL et le son de blé à 2,55 DH/UFL. En revanche, le bersim affiche un prix de revient peu compétitif dans les exploitations étudiées, en raison de sa très faible productivité (moins de 20 TMV/ha).

Des fourrages aux productions bovines

Les faibles rendements des cultures fourragères, couplés aux chargements bovins élevés dans les exploitations étudiées, se répercutent négativement sur la valorisation des fourrages en produits animaux (tableau IV). Les rations alimentaires sont dominées par la luzerne, en vert ou fanée. Dans les exploitations 3, 4, 5 et 6 à faible productivité laitière, la luzerne domine le bilan fourrager (jusqu'à 60 % de l'apport énergétique), surtout lors des périodes de grande disponibilité, qui coïncide avec la saison estivale (de mai à octobre). Toutefois, un manque quantitatif de fourrages par rapport à la capacité d'ingestion maximale des bovins est observé dans toutes les exploitations. En témoigne le faible encombrement des vaches, qui s'élève à peine à 4,5 kg de MS des fourrages consommés par vache et par jour en moyenne alors que des vaches Holstein peuvent ingérer jusqu'à 15 kg de MS de luzerne selon Castillo *et al.*, 2006.

L'utilisation de la luzerne comme fourrage principal dans les rations entraîne un excès d'apports azotés dégradables (PDIN) par rapport aux apports énergétiques. Le ratio $[(PDIN-PDIE)/UFL]$ est certes constamment inférieur à 10 dans toutes les exploitations, à l'exception de la troisième en été. Mais les aliments complémentaires les plus usuels (pulpes de betterave et son) et les quantités distribuées n'équilibrent pas l'excédent de PDIN. Ceci induit des accidents de la reproduction, car l'usage de protéines dégradables comme source énergétique s'accompagne de résidus métaboliques comme l'ammoniac et l'urée qui ont des effets nocifs sur la fertilité des vaches (Tamminga, 2006). D'ailleurs, dans toutes les exploitations, la reproduction des vaches révèle des dysfonctionnements manifestes, avec un intervalle moyen entre vêlage et saillie fécondante dépassant 125 j.

Tableau III. Budgets des différents fourrages irrigués (DH/ha) dans le périmètre irrigué du Tadla et prix de revient de l'UFL (DH).

Exploitations	1	2	3	4	5	6	Moyenne
Luzerne							
Installation*	771	882	1 222	734	770	1 274	942
Irrigation	3 196	4 192	4 210	4 202	8 570	2 890	4 543
Exploitation**	1 433	276	1 018	1 000	-	-	622
Entretien***	110	165	340	734	290	736	396
Dépenses totales	5 510	5 515	6 790	6 670	9 630	4 900	6 503
Tonnes de MV/ha	20,5	26,7	31,5	15,8	26,0	40,0	26,8
UFL/ha	4 110	5 300	6 062	3 161	5 350	8 032	5 336
DH/UFL	1,34	1,04	1,12	2,11	1,80	0,61	1,34
Maïs							
Installation*	2 848	3 910	-	2 987	4 505	-	3 560
Irrigation	1 212	2 514	-	2 358	2 867	-	2 238
Exploitation**	2 000	2 886	-	2 515	2 460	-	2 465
Entretien***	-	-	-	-	-	-	-
Dépenses totales	6 060	9 310	-	7 860	9 832	-	8 263
Tonnes de MV/ha	29,3	20,0	-	18,2	14,0	-	22,9
UFL/ha	6 730	5 310	-	4 200	3 220	-	-
DH/UFL	0,90	1,73	-	1,87	3,05	-	1,88
Bersim							
Installation*	2 980	-	1956	-	-	2 820	2 585
Irrigation	1 680	-	322	-	-	1 460	1 155
Exploitation**	760	-	402	-	-	-	580
Entretien***	-	-	-	-	-	-	-
Dépenses totales	5 420	-	2 680	-	-	4 280	4 120
Tonnes de MV/ha	25,7	-	4,6	-	-	10,8	13,7
UFL/ha	2 060	-	415	-	-	862	1 112
DH/UFL	2,63	-	6,45	-	-	4,97	4,70

Installation* : frais inhérents au travail du sol, à l'achat des semences et à la fertilisation de fond.

Exploitation** : charges inhérentes au fauchage du fourrage ou à l'ensilage (maïs).

Entretien*** : charges de lutte phytosanitaire et des engrais de couverture.

Tableau IV. Performances technico-économiques et de conversion de l'eau en produits bovins dans les exploitations du périmètre irrigué du Tadla.

Paramètres	Exploitations	1	2	3	4	5	6
Effectif moyen	Vaches présentes	17,9	17,6	14,6	20	7	7,5
	ha année de fourrages./UZ	0,31	0,5	0,17	0,49	0,22	0,21
Reproduction	I V – IF1 (j)	119	126	124	116	129	158
	Lait/vache présente (kg)	5 075	5 560	3 090	2 620	3 460	2 740
Production laitière	UFLcc/kg de lait	0,41	0,42	0,65	0,51	0,57	0,58
	MS four./vache.j2 (kg)	4,5	4,7	3,6	5	5	5
	UFL four./besoins3 (%)	55	41	49	67	36	31
	MB Lait seul (DH /VP)	2 936	5 127	- 1 400	- 388	173	550
Rentabilité	Viande dans la MBV4 (%)	41	44	162	110	95	86
	MBV4 (DH/VP)	10 120	9 190	2 285	3 850	3 294	3 817
	DH/m3 d'eau	2,85	0,95	0,63	0,8	0,57	1,04
Valorisation de l'eau en produits bovins	m3 d'eau/kg de viande	16	76	32	37	59	36
	m3 d'eau/kg de lait	1,16	1,73	1,18	1,85	1,65	1,34

1I V – IF : Intervalle vêlage – Insémination fécondante.

2MS four./vache.j : Matière sèche des fourrages ingérées par vache et par jour.

3UFL four./besoins : Contribution des fourrages par rapport aux besoins énergétiques exprimés des vaches.

4MBV : Marge brute par vache.

L'énergie des concentrés est bien convertie en lait dans les exploitations 1 et 2, à haut niveau de productivité laitière par vache, puisqu'ils fournissent 0,42 UFL par kg de lait. Ceci montre que les règles du rationnement des vaches y sont bien appliquées, sans les effets négatifs des carences azotées ou minérales. L'énergie des fourrages est affectée à l'entretien des vaches et celle issue des concentrés, plus onéreuse, utilisée pour la production de lait. En revanche, ce constat n'est pas valable dans les exploitations à plus faible niveau de production. L'énergie des concentrés n'est pas entièrement convertie en lait du fait des erreurs de rationnement (insuffisance de l'ingestion énergétique et excès d'azote dégradé principalement) et de leurs répercussions sur la productivité par vache. Au final, le rendement laitier annuel moyen par vache présente est de 3 400 kg, variant de plus de 5 000 kg, dans les exploitations spécialisées, aux alentours de 3 000 kg dans les autres. Cette performance moyenne est très loin des potentialités génétiques des vaches exploitées.

La marge brute moyenne annuelle par vache présente (MBV) se monte à près de 5 400 DH, hors amortissement des bâtiments et des équipements. Cette marge inclut les revenus tirés à la fois de la production de lait et de viande qui lui est concomitante. A l'exception des exploitations 1 et 2, le poids économique de la production de viande est équivalent (exploitations 5 et 6), voire supérieur (exploitations 3 et 4) à celui du lait, illustrant des stratégies de production bovine mixte où lait et viande cohabitent et peuvent même être en situation de concurrence vis-à-vis des ressources alimentaires de l'exploitation. La MBV surestime les performances économiques, surtout dans les exploitations 1 et 2, où des investissements conséquents ont été réalisés : bâtiments, traite mécanique, génisses importées. Mais seules les exploitations 1 et 2 dégagent des marges élevées de la production laitière, proche de 10 000 DH/vache, alors qu'elles ne dépassent pas 3 000 DH dans les autres cas. Ces résultats proviennent en grande partie des différences de rendement laitier, qui font que les exploitations à haut niveau annuel de productivité par vache ($> 5\,000$ kg) équilibrent l'ensemble de leurs dépenses par les revenus du lait, en dépit d'une utilisation supérieure d'aliments, et disposent du croît de viande comme bénéfice. En revanche, les exploitations à productivité de lait limitée doivent nécessairement vendre du bétail pour s'acquitter de l'ensemble de leurs dépenses de production. Des tendances similaires de rentabilité d'exploitations bovines ont été observées dans d'autres régions irriguées du Maroc, comme au périmètre du Gharb (Sraïri *et al.*, 2003).

La valorisation des eaux d'irrigation en lait ne montre pas de différence marquée entre les élevages, avec une valeur moyenne de $1,5\text{ m}^3$ d'eau par litre de lait, variant de $1,2$ à $1,8\text{ m}^3$, conforme à d'autres études consacrées à l'élevage bovin laitier et à ses relations à la valorisation de l'eau en milieux agricoles caractérisés par des stress hydriques (Sonder *et al.*, 2004). La consommation d'eau par litre de lait est la plus élevée sur l'exploitation 4 où la luzerne affiche le rendement le plus faible ($15,8\text{ TMV/ha}$) conjugué à la moindre productivité de lait par vache ($2\,620\text{ kg par an}$). En revanche, les exploitations 1 et 3 combinent une forte valorisation de l'eau en lait avec de faibles consommations d'eau à l'ha de luzerne (moins de $17\,000\text{ m}^3$) et des productivités de lait par vache élevées ($n^{\circ}1$) ou des rendements de luzerne ($n^{\circ}3$) ou de maïs ($n^{\circ}1$) importants. La valorisation de l'eau en viande montre qu'il faut en moyenne 42 m^3 d'eau par kg de poids vif, avec une forte variabilité entre exploitations ($\text{cv} : 50\%$). Dans toutes les exploitations bovines étudiées, y compris celles ayant opté pour des stratégies laitières (les $n^{\circ}1$ et 2), les ventes d'animaux octroient une plus-value certaine à l'eau utilisée dans la production fourragère. L'activité « production de viande » redresse les déséquilibres économiques de l'élevage bovin dans les étables peu productives en lait et nécessite des volumes variables d'eau selon les types d'animaux vendus (des vaches de réforme dans l'exploitation 1 ; des veaux à l'engraissement dans les exploitations 3, 4 et 6.)

Les fluctuations des rendements de fourrages et de leur conversion en produits bovins font que le m^3 d'eau brute à l'entrée de la parcelle génère une marge économique variable de l'atelier bovin. Celle-ci est en moyenne de $1,10\text{ DH/m}^3$ et varie de $0,57$ à $2,85\text{ DH/m}^3$. L'exploitation $n^{\circ}1$ affiche la valeur la plus élevée, en raison d'une productivité en lait élevée couplée à une bonne maîtrise des consommations hydriques des fourrages et à des rendements satisfaisants de biomasse à l'ha, surtout pour le maïs. Les autres exploitations ont des résultats proches de $0,6$ à 1 DH/m^3 . Cette performance est inférieure à la valeur de $1,70\text{ DH/m}^3$ d'eau générée par les cultures irriguées au Maroc (Moghli et Benjelloun Touimi, 2000), laissant supposer que les termes économiques de la conversion de l'eau en produits animaux souffrent des diverses contre-performances des fonctions de production impliquées, de l'eau aux fourrages et des fourrages au lait et à la viande.

Conclusion

La valorisation de l'eau d'irrigation en produits bovins (lait et viande) à l'échelle de l'exploitation agricole apparaît très variable, même sur l'échantillon restreint étudié ici. Cette variabilité dépend bien sûr de la combinaison entre rendement en lait par vache, productivité à l'hectare des fourrages et consommations en eau à la parcelle. Mais la complexité des fonctions de production transformant l'eau en fourrages puis les fourrages en lait ouvre la voie à un grand nombre de situations, depuis des cas où le rendement en lait par vache est faible (moins de 3 000 kg par an) et conjugué à des productivités à l'ha de fourrages limitées (moins de 16 TMV pour la luzerne), à ceux où les volumes d'eau utilisés à l'hectare sont moindres à productivité fourragère égale ou supérieure et les rendements laitiers élevés (plus de 5 000 kg par vache et par an). Plusieurs éléments sont susceptibles d'expliquer cette variabilité. Au plan zootechnique, une importante charge animale, supérieure aux préconisations régionales, conjuguée à des rendements de biomasse fourragère limités, induit des ingestions éloignées des normes d'encombrement des vaches laitières. D'un point de vue qualitatif, les rations découlant de l'usage généralisé de la luzerne présentent un excès d'azote dégradable non valorisé en raison d'un déficit énergétique, ce qui concourt à des problèmes de reproduction et déprécie les performances des vaches. Au plan agronomique, la gestion des irrigations (calage en quantité et fréquence par rapport aux besoins en eau, de la luzerne principalement) et les interactions entre le facteur hydrique et les autres facteurs de production (fertilisation et lutte phytosanitaire) ne paraissent pas totalement maîtrisées par les agriculteurs mais ce point nécessite des investigations plus approfondies. L'amélioration de ces résultats passe par une formation et un appui technique aux éleveurs prenant en compte l'ensemble de la chaîne de production allant de la fourniture d'eau aux exploitations à la production de lait et de viande. Cette dimension pourrait être progressivement prise en charge par les coopératives de collecte laitière du Tadla, qui interviennent déjà auprès des éleveurs pour l'approvisionnement en aliments du bétail (principalement des concentrés et l'ensilage de maïs), la mise à disposition d'ensileuses, et la fourniture de petit matériel (pots trayeurs). Le choix des cultures fourragères et l'équilibre des rations en fonction des besoins des animaux sont au cœur du fonctionnement et des performances de ces systèmes de production bovine. Mais s'agissant de périmètres irrigués, ils doivent être également raisonnés en terme d'augmentation de la valorisation de l'eau. Ainsi le maïs se révèle une culture intéressante sur ce plan, grâce à ses besoins hydriques limités et à son cycle cultural très court, avec des possibilités d'amélioration liées à l'irrigation en goutte-à-goutte. Mais son introduction dans les systèmes fourragers nécessite de revoir les rations jusqu'ici essentiellement basées sur la luzerne. C'est donc vers une approche systémique des élevages, tant en terme analytique que d'aide à la décision, que les dynamiques en cours sur les périmètres irrigués tels que le Tadla invitent les institutions chargées de la recherche et du développement sur ces zones à évoluer. La compétitivité et la durabilité économique de ces systèmes d'élevage en dépendent, sachant que leurs intérêts en terme social (régularité du revenu, opportunités d'emplois) et nutritionnel (approvisionnement de populations en protéines animales) ne suffiront pas nécessairement à les justifier dans le futur, que ce soit dans la compétition pour l'eau vis-à-vis d'autres spéculations rencontrées sur les périmètres (maraîchage, oléiculture, agrumiculture) ou la compétition par les prix face aux produits laitiers importés.

Remerciements

Ce travail a bénéficié du soutien du projet SIRMA (économie d'eau en Systèmes IRrigués au MAghreb) financé par la coopération française. Un grand merci aux éleveurs qui ont collaboré à la mise en place des suivis de leur exploitation.

Références bibliographiques

- AGOUMI A., DEBBARH A. Ressources en eau et bassins versants du Maroc : 50 ans de développement (1955-2005). Rapport sur le Développement Humain au Maroc. 2005.
<http://www.rdh50.ma/fr/pdf/contributions/GT8-1.pdf>. Consulté sur Internet le 12/12/2006.
- AL WESHAH R. The role of UNESCO in sustainable water resources management in the Arab world. Desalinisation 2002, 152 : 1-13.
- AMRI A., 1991. Supplemental irrigation systems in Morocco. In : Supplemental Irrigation in Near East and North Africa. Perrier E. et Salkini A.B. (éds). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

BARRIERE Y., 2001. Le maïs et l'eau : une situation aujourd'hui paradoxale, mais des progrès génétiques à attendre d'un idéotype redéfini. *Fourrages*, 168 : 477-489.

BAYA B., 1997. Maïs fourrager (*Zea mays*). In : Production et utilisation des cultures fourragères au Maroc, Jaritz G. et Bounejmate M. (éds.). INRA, Rabat. Maroc.

BIROUK A., BOUIZGAREN A., BAYA B., 1997. Luzerne (*Medicago sativa*). In : Production et utilisation des cultures fourragères au Maroc, Jaritz G. et Bounejmate M. (éds.). INRA, Rabat. Maroc.

CASTILLO A.R., TAVERNA A.M., PAEZ R.R. *et al.*, 2006. Fatty acid composition of milk from dairy cows fed fresh alfalfa based diets. *Anim Feed Sci Tech*, 131 : 241-254.

DURAND-DASTES F., MUTIN G., 1995. Afrique du Nord, Moyen-Orient. In *Géographie Universelle*. Éditions Belin Reclus, Paris.

EL GUEDDARI A.B., 2005. Économie d'eau en irrigation au Maroc : acquis et perspectives d'avenir. In : Modernisation de l'agriculture irriguée, Hammani A., Kuper M. et Debbarh A. (éds.). Actes du 1er séminaire euro méditerranéen Wademed, Rabat, El Jadida, Maroc.

GOLLEY F.B., CAMPILLO RUIZ A., BELLOT J., 1990. Analysis of resource allocation to irrigated maize and wheat in northern Spain. *Agr Ecosyst Environ*, 31 : 313-323.

GUESSOUS F., 1991. Production fourragère et systèmes animaux. Actes Éditions. Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat.

KUPER M., Le GAL P.-Y., MOULIN C.-H., PUILLET L., SRAÏRI M.T., ELBAHRI M., 2006. Typologie et modélisation des exploitations laitières sur le périmètre irrigué du Tadla (Maroc). Sirma-Cirad-Agro M-IAV Hassan II, Cirad/Tera n°18/06, Montpellier, France, 48 p.

Le GAL P.-Y., 2006. Intervenir dans les filières agroalimentaires : application d'une démarche aux périmètres irrigués. Communication au séminaire Wademed. L'avenir de l'agriculture irriguée en Méditerranée. Nouveaux arrangements pour une gestion de la demande en eau. Cahors, France. Novembre 2006.

Le GAL P.-Y., KUPER M., MOULIN C.-H., PUILLET L., SRAÏRI M.T., 2007. Dispositifs de coordination entre industriel, éleveurs et périmètre irrigué dans un bassin de collecte laitier au Maroc. *Cah Agric* (n° spécial Méditerranée). À paraître. 2007.

MOGHILI E., BENJELLOUN TOUIMI M., 2000. Valorisation de l'eau d'irrigation par les productions végétales dans les grands périmètres irrigués. *Hommes Terre & Eau*, 30 : 30-38.

MOLDEN D., MURRAY-RUST H., SAKTHIVADIVEL R., MAKIN I., 2003. A water-productivity framework for understanding and action. In : *Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement*, Kijne J.W., Barker R. and Molden D. (eds.). CAB International, Wallingford, UK.

PUIGDEFABREGAS J., MENDIZABAL T., 1998. Perspectives of desertification: western Mediterranean. *J Arid Environ*, 39 : 209-224.

SONDER K., ASTATKE A., EL WAKEEL A., MOLDEN D., PEDEN D., 2004. Strategies for increasing livestock water productivity in water stressed agricultural systems. International Water Management Institute (IWMI). Working paper Khartoum (Sudan)

SRAÏRI M.T., ILHAM A., 2000. L'élevage laitier en zone irriguée et sa sensibilité à l'aléa climatique : cas du Maroc. In : Guessous F, Rihani N, Ilham A, éds. *Livestock production and climatic uncertainty in the Mediterranean*. Wageningen (Pays Bas) : Wageningen Pers.

SRAÏRI M.T., LEBLOND J.M., BOURBOUZE A., 2003. Production de lait et/ou de viande : diversité des stratégies des éleveurs de bovins dans le périmètre irrigué du Gharb au Maroc. *Rev Elev Med Vet Pay*, 56 : 177-186.

TAMMINGA S., 2006. The effect of the supply of rumen degradable protein and metabolisable protein on negative energy balance and fertility in dairy cows. *Anim Reprod Sci*, 96 : 227-239.

ZAZ H., 1996. Bilan de la gestion des ressources en eau dans le périmètre irrigué du Tadla – Rapport Office régional de mise en valeur agricole du Tadla, Fquih Ben Salah, Maroc, 70 p.